

3/10/77 u Bremer
100-4 Brunswick, N.H. 10/2/77

D 99/51 4/11
Bibliotheek



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer:

0017726
A1

IDS# 5 09/704,590

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

② Anmelde­nummer: 80100797.2

⑤ Int. Cl.³: G 02 B 7/11, H 04 N 5/34

② Anmeldetag: 18.02.80

③ Priorität: 20.03.79 DE 2910875

⑦ Anmelder: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH,
Weberstrasse 5, D-7500 Karlsruhe 1 (DE)

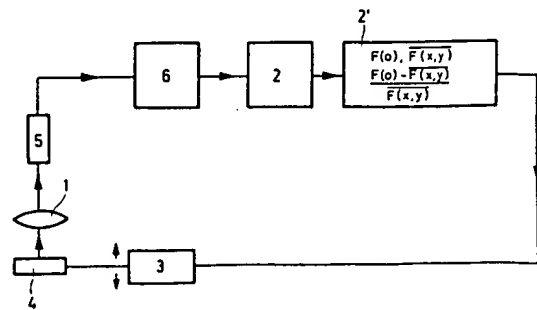
④³ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 29.10.80
Patentblatt 80/22

⑦2 Erfinder: Vollath, Dieter, Dr. Dipl.-Phys., Primelweg 3,
D-7513 Stutensee (DE)

⑧4 Benannte Vertragsstaaten: AT BE CH FR GB

⑤4 Verfahren und Einrichtung zur automatischen Scharfeinstellung eines jeden Bildpunktes eines Bildes.

57) Das Verfahren und eine Einrichtung hierzu sehen die automatische Scharfeinstellung eines jeden Bildpunktes eines Bildes, wobei das Bild mittels eines Objektives (1) beobachtet wird, vor. Von der berechneten Autokorrelationsfunktion der Helligkeitsverteilung des Bildes an einer bestimmten Stelle wird der Mittelwert der Autokorrelationsfunktion abgezogen und durch den Mittelwert der Autokorrelationsfunktion im Bild dividiert. Das Maximum der so gewonnenen, normierten Funktion wird dann iterativ aufgesucht, indem die Schärfeneinstellung des Objektives entsprechend eingestellt wird. Für jeden Bildpunkt wird ein Signal in Form einer die Helligkeit darstellenden elektrischen Spannung ermittelt und dann analog oder digital der Quotient aus dem gemittelten Fehlerquadrat und dem Quadrat des mittleren Fehlers des Signals berechnet.



EP 0 017 726 A1

This Page Blank (uspto)

Verfahren und Einrichtung zur automatischen Scharfeinstellung
eines jeden Bildpunktes eines Bildes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur automatischen Scharfeinstellung eines jeden Bildpunktes eines Bildes, wobei das Bild mittels eines Objektives beobachtet wird.

Bei der Herstellung und Beurteilung von mehrphasigen Werkstoffen, wie z.B. Kernbrennstofftabletten, die aus Mischungen von Urandioxid und Plutoniumdioxid, wie sie z.B. für Schnelle Brutreaktoren oder im Falle der Plutoniumrückführung für Leichtwasserreaktoren verwendet werden, wird je nach Herstellungsprozeß eine unterschiedliche Verteilung des Plutoniums erhalten. Die Plutoniumverteilung kann in dem Fall, in dem durch entsprechende Herstellung oder Behandlung des Ausgangspulvers eine weitgehende Mischkristallbildung nicht erzwungen wird, inhomogen werden. In diesem Fall ist es für den Hersteller interessant zu erfahren, wie das Plutonium verteilt ist, um daraus Rückschlüsse auf die Fertigung machen zu können. Der Brennstoffkunde auf der anderen Seite will wissen, ob das Plutonium in den Tabletten wirklich in der geforderten homogenen Verteilung vorliegt. Soll nun die Homogenität oder die Verteilung einer zweiten Phase charakterisiert werden, so wird im allgemeinen die Standardabweichung der Konzentration oder eines daraus abgeleiteten Verteilungsparameters als Meßzahl benutzt.

Soll bei der automatischen Bildanalyse mehr als eine Probenstelle untersucht werden, so ist es dann auch notwendig, die Probe zu verschieben. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Probe ständig im gleichen Abstand vor der Objektivlinse eines Beobachtungsmikroskops oder einer TV-Kamera bleibt. Ist dies nicht sicher der Fall, so wird das Bild unscharf und damit das Meßergebnis falsch. Um dies zu verhindern, muß das Bild immer wieder scharf eingestellt werden.

Die Aufgabe, welche der Erfindung gestellt ist, besteht nunmehr

darin, eine Methode zur automatischen Scharfeinstellung eines Mikroskopbildes unter Benutzung eines Bildanalysators sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu finden, welche es ermöglichen, die automatische Analyse von Proben auch dann ausführen zu können, wenn diese nicht völlig eben sind.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß in den Merkmalen, wie sie im Anspruch 1 aufgeführt sind. Die im Anspruch 2 aufgeführten Merkmale beziehen sich auf spezielle Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens, während die Merkmale des Anspruches 3 eine Einrichtung zur Durchführung der Verfahren beinhalten.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mittels der Figuren 1 bis 7 und einer Tabelle näher erläutert.

Werden die Nachbarpunkte eines jeden Bildpunktes betrachtet, so ist die Differenz zwischen je zwei benachbarten Bildpunkten dann am größten, wenn das Bild scharf eingestellt ist. Wird also die Autokorrelationsfunktion der Helligkeitsverteilung eines Bildes an einer Stelle (0,0) berechnet und dieser Funktionswert mit dem Mittelwert der Autokorrelationsfunktion des Bildes verglichen, so muß nach dieser Überlegung die Differenz der beiden Funktionswerte beim scharf eingestellten Bild maximal sein.

Die Autokorrelationsfunktion $F(x,y)$ einer Helligkeitsverteilungsfunktion $f(u,v)$ ist definiert als

$$F(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u,v) f^+(u+x, v+y) du dv \quad (1)$$

Dabei ist

(u,v) die Ebene des Bildes, (x,y) die Ebene der Korrelationsfunktion.

Da die Funktion $f(u,v)$ mit Ausnahme des Bereiches der Ebene, in der die Schnittebene der Tablette zu liegen kommt, null ist und

in diesem auch nicht divergiert, existiert das o.a. Integral für jeden experimentell möglichen Fall.

Wird angenommen, daß die Funktion $f(u,v)$ nur im Bereich $0 \leq u \leq a$ und $0 \leq v \leq b$ von Null verschieden und reell ist, vereinfacht sich das Integral (1) zu

$$F(x,y) = \int_{-a}^a \int_{-b}^b f(u,v) f(u+x, v+y) du dv \quad (2)$$

Man erhält also ein optimal scharfes Bild, wenn die Bedingung

$$\Delta = F(0,0) - \overline{F(X,Y)} = \text{Maximum erfüllt ist.}$$

$$F(X,Y) \dots \text{Wert der Autokorrelationsfunktion an der Stelle } (X,Y) \quad (3)$$

Eine weitere Eigenschaft der Autokorrelationsfunktion ist, daß

$$\frac{F(0,0)}{F(X,Y)} = \frac{\sigma^2 + \mu^2}{\mu^2}$$

ist. Dabei ist

$$\Delta = \sigma \quad (4)$$

=====

mit σ = Standardabweichung der Helligkeitsverteilung
und μ = Mittelwert der Helligkeit im Bild

Das dargestellte Ergebnis ist auch durchaus anschaulich. Es besagt, daß die Standardabweichung der Helligkeit beim scharf eingestellten Bild maximal ist.

Die strichlierten Kurven in den Fig. 1,2,3 und 4 zeigen den Verlauf von Δ als Funktion des Abstandes der Objektlage vor dem Objektiv 1 (s.Fig.5). Die Messungen wurden an zwei Durchlichtobjektiven der Firma Leitz und zwei Auflichtobjektiven der Firma Reichert durchgeführt. Während die Größe Δ in den Fig. 1,2 und 4 tatsächlich ein Maximum aufweist, ist dies in Fig. 3 nicht zu beobachten. Es handelt sich dabei um einen Kurvenverlauf, der bei einer anderen Probe auch schon bei einem anderen Objektiv gefunden wurde. Der Verlauf dieser Kurven ist extrem stark vom Präparat (Objekt 4, s.Fig.5) abhängig. Die Abweichung von dem theoretisch erwarteten Verlauf kommt dadurch zustande, daß sich mit geändertem Abstand Objektiv-Probe auch die Vergrößerung ändert. Damit ändert sich zwangsläufig auch der Bildinhalt. Dieses Problem kann umgangen werden, indem anstelle der Funktionen $\Delta = \sigma^2$ die normierte Funktion

$$\delta = \frac{\Delta}{\mu} = \left(\frac{\sigma}{\mu} \right)^2 \quad (5)$$

verwendet wird.

In den Fig. 1,2,3 und 4 ist nun diese Funktion δ als voll ausgezogene Kurve eingezeichnet. Man erkennt, daß nun auch im Falle der Fig. 3 ein eindeutiges Maximum auftritt. Bei den in den Fig. 1,2 und 4 gezeichneten Fällen ist das Maximum deutlicher ausgeprägt als das der Funktion Δ .

Die Funktion σ kann durch eine densitometrische Vermessung des Bildes (Objektoberfläche) bestimmt werden. Zur Realisierung einer automatischen Einrichtung (s.Fig.5) zur Fokussierung eines Mikroskopes (Objektives 1) muß nur immer wieder das Maximum der Funktion σ aufgesucht werden. Dies kann durch die Kopplung eines Schrittmotors 3 am Schärfenantrieb eines Mikroskopes 1 (bzw. einer TV-Kamera 5) mit einem Prozeßrechner 2,2' [PDP 11/o3 und Berechnung von Gleichung 3] technisch realisiert werden. Der Funktionsbereich einer solchen Einrichtung ist bei allen geprüften Objektiven 1 größer als die zu erwartende Unebenheit der Proben 4.

Die Arbeitsbereiche einer automatischen Fokussiereinrichtung sind in der folgenden Tabelle aufgezeigt, wobei Objektive gemäß der Fig. 1 bis 4 verwendet werden.

Objektiv 1	Arbeitsbereich
LEITZ (Fig.1) 16 x	-10 ... + 16 μm Abweichung aus der Schärfeebene
LEITZ (Fig.2) 25 x	- 8 ... + 8 μm "
REICHERT (Fig.3) 16 x	-40 ... + 32 μm "
REICHERT (Fig.4) 40 x	-15 ... + 13 μm "

Das angegebene Verfahren zur Fokussierung kann nicht nur bei Bildanalysengeräten, sondern auch bei jeder Art von elektrischen Bildübertragungen, wie z.B. bei TV-Kameras 5 (s.Fig.5) und Rasterelektronenmikroskopen verwendet werden. Es wird dabei die Relation (6) benutzt:

$$\Delta = \frac{F(o) - \bar{F}}{\bar{F}} = \frac{\mu^2 + \sigma^2 - \mu^2}{\mu^2} \quad (6)$$

wobei für jeden Bildpunkt eine elektrische Spannung u das Helligkeitssignal darstellt. Hieraus ergibt sich die Beziehung 7.

$$\Delta = \frac{\sum u^2 - (\sum u)^2}{(\sum u)^2} = \frac{\overline{u^2}}{\bar{u}^2} - 1 \quad (7)$$

Da die Größe 1 nur eine konstante Verschiebung darstellt, kann sie weggelassen werden. Es gilt also vereinfacht die Gleichung 8:

$$\Delta' = \frac{\overline{u^2}}{\bar{u}^2} \quad (8)$$

Diese Gleichung kann auf zwei Arten realisiert werden. In Fig. 6 ist die analoge Verarbeitung gezeigt, wobei von der Spannung sowohl u^2 und \bar{u}^2 , als auch \bar{u} und \bar{u}^2 gebildet und dann mittels eines Dividierers 7 die Gleichung (8) erhalten wird. Die Figur 7 zeigt die digitale Verarbeitung, wobei zuerst mit einem ADC 8 umgesetzt und dann multipliziert und addiert bzw. umgekehrt wird, wonach erst der Quotient beider Ausdrücke gemäß Gleichung (8) im Dividierer 8 gebildet wird.

Anschließend muß mit dem Schrittmotor 3 (s. Fig. 5) und einer nicht näher dargestellten Peaksucheinrichtung das Maximum von Δ' (Gleichung 8) aufgesucht werden.

KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE GMBH

Karlsruhe, den 07.02.1980
PLA 7907 Ga/he.

Patentansprüche:

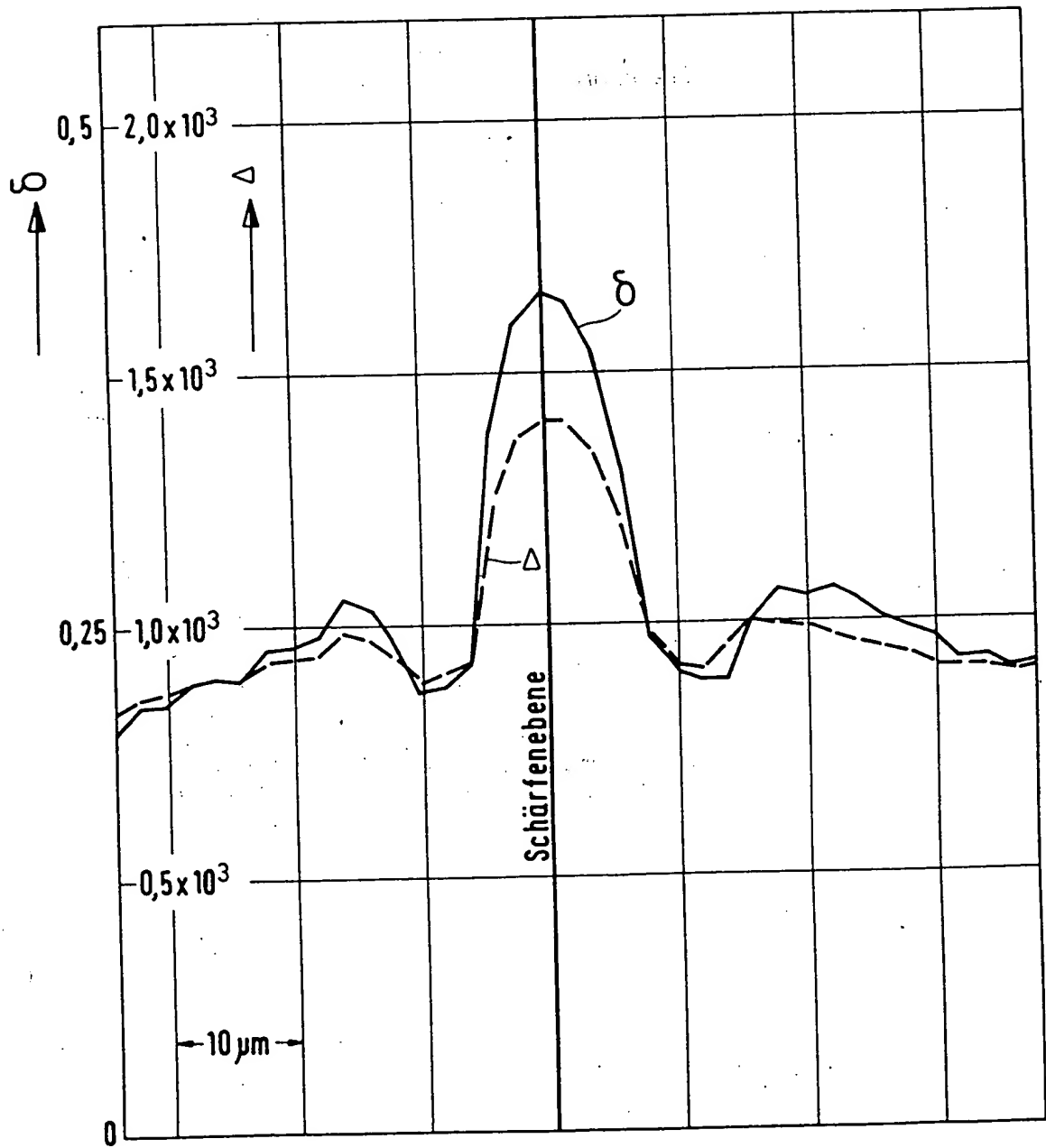
1. Verfahren zur automatischen Scharfeinstellung eines jeden Bildpunktes eines Bildes, wobei das Bild mittels eines Objektives beobachtet wird, dadurch gekennzeichnet, daß von der berechneten Autokorrelationsfunktion der Helligkeitsverteilung des Bildes an einer bestimmten Stelle der Mittelwert der Autokorrelationsfunktion abgezogen wird, daß dieser Wert durch den Mittelwert der Autokorrelationsfunktion im Bild dividiert und das Maximum der so gewonnenen, normierten Funktion iterativ aufgesucht wird, indem die Schärfeneinstellung des Objektives entsprechend eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Bildpunkt ein Signal in Form einer die Helligkeit darstellenden elektrischen Spannung ermittelt und dann analog oder digital der Quotient aus dem gemittelten Fehlerquadrat und dem Quadrat des mittleren Fehlers des Signals berechnet wird.
3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die über das Objektiv (1) ermittelten Signalwerte (5) von einem Rechner (2) verarbeitbar und als Schrittsignale nach Anzahl und Richtung einem Schrittmotor (3) aufgebbar sind, der das Objekt (4) bezüglich des Objektives (1) verstellt.

This Page Blank (uspto)

0017726

1/5

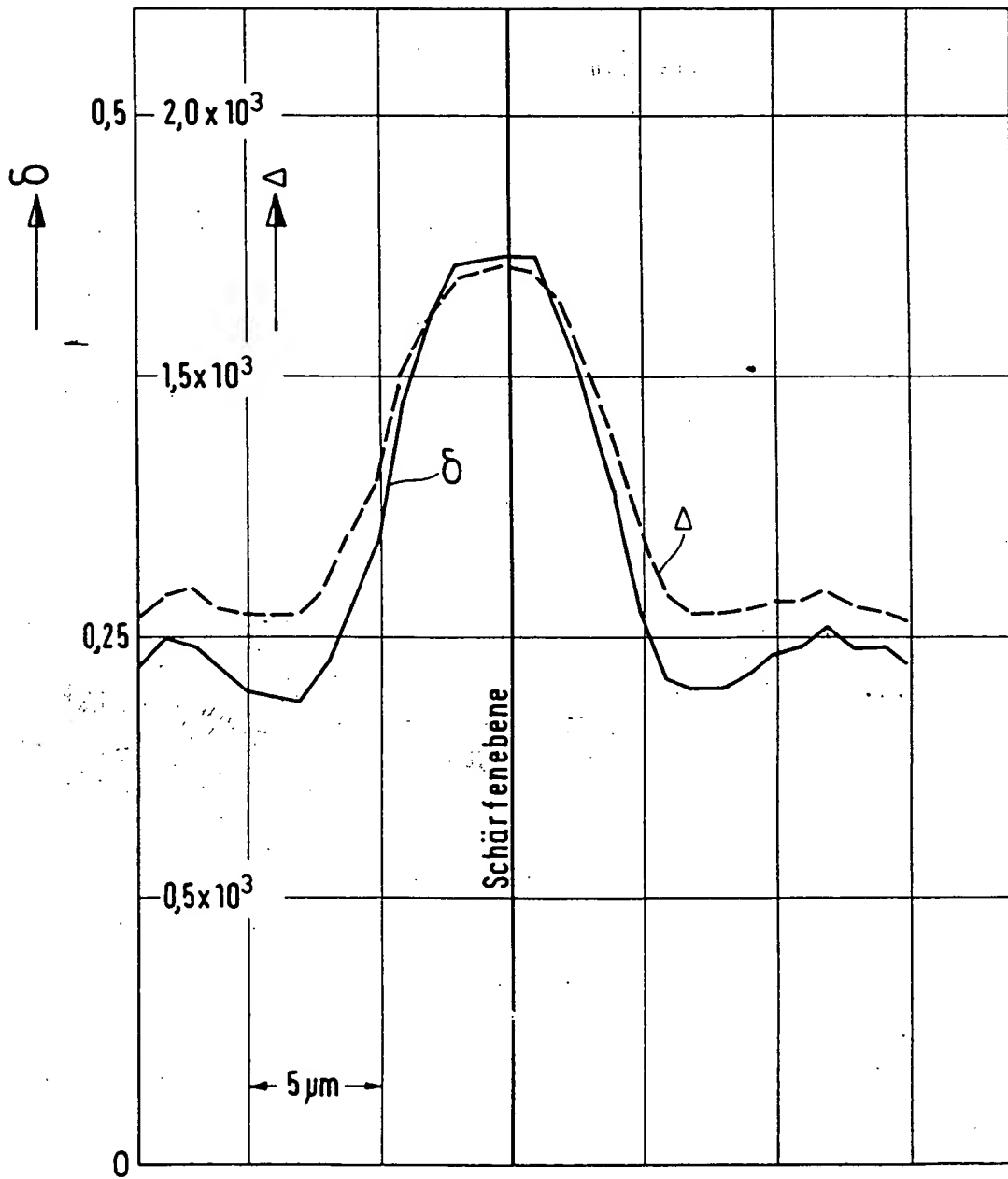
Fig. 1



This Page Blank (uspto)

2/5

Fig. 2

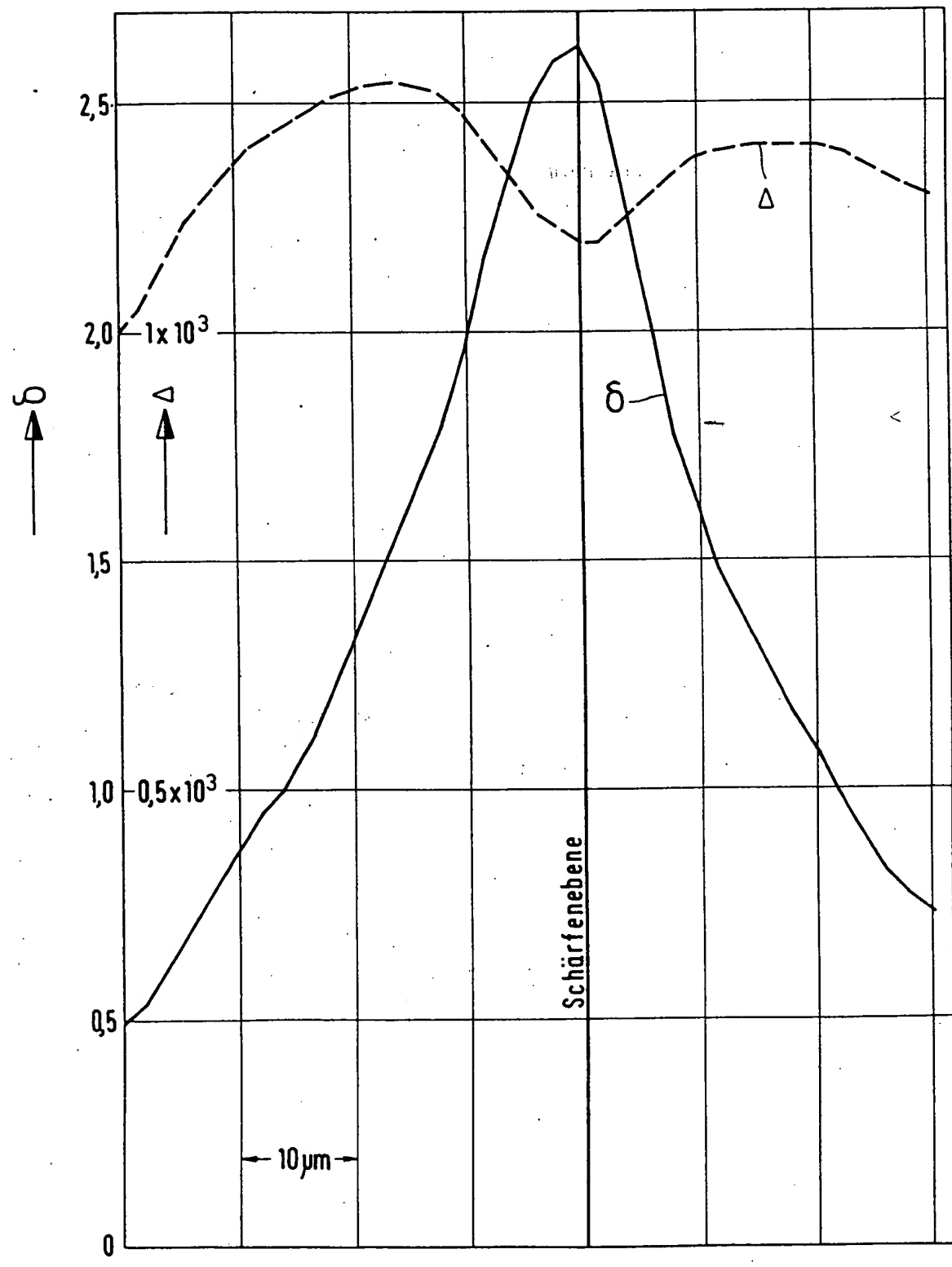


This Page Blank (uspto)

3/5

0017726

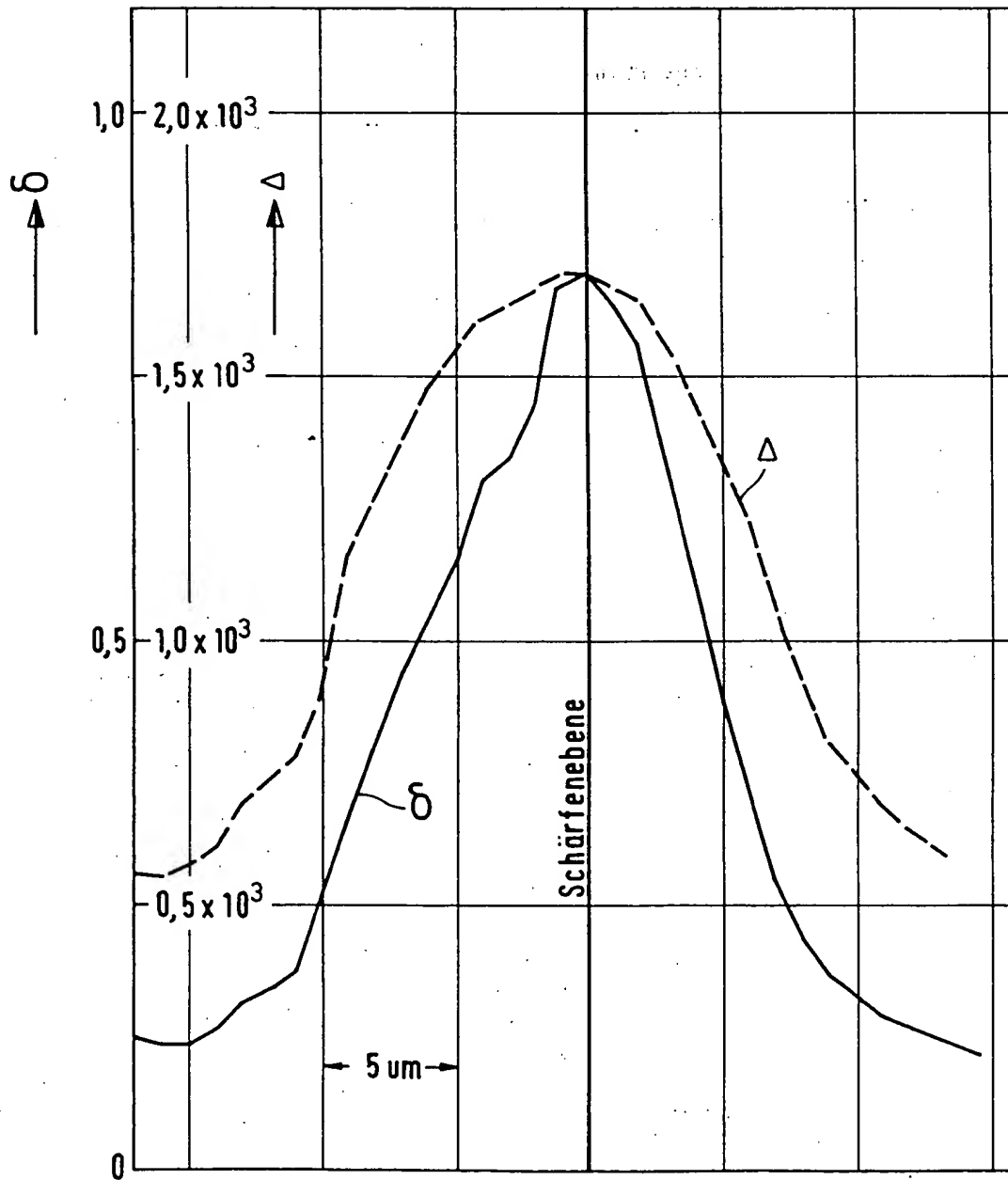
Fig. 3



This Page Blank (uspto)

4/5

Fig. 4



This Page Blank (uspto)

5/5

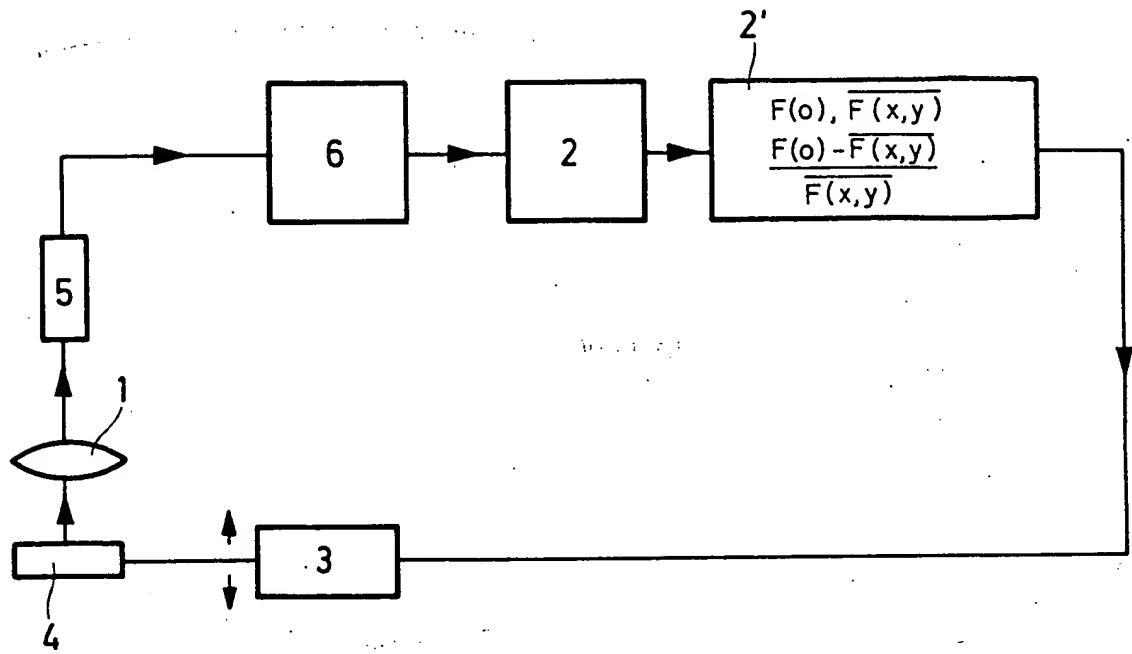


Fig. 6

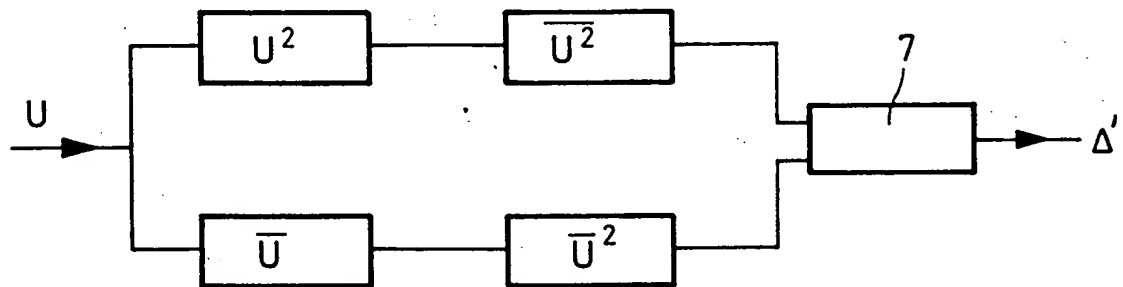
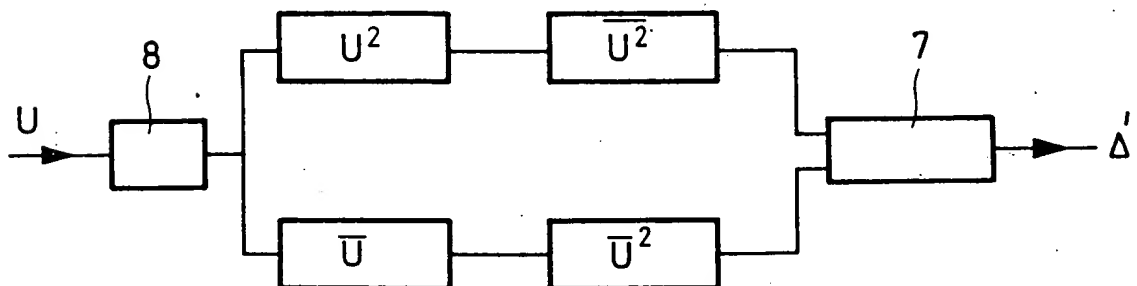


Fig. 7



This Page Blank (uspto)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0017726

Nummer der Anmeldung

EP 80 10 0797

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl. ³)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
	<u>FR - A - 2 176 816</u> (B. OLSEN et al.) * Patentansprüche 1,5,9-12,17,18, 20,25; Figuren 2,5 * --	1,3	
	<u>DE - A - 2 551 070</u> (CANON) * Seite 8, Zeilen 10-26; Seite 9; Seite 10, Zeilen 1-8; Seite 25, Zeilen 1-19; Seite 32, Zeilen 12-25; Seiten 33,34; Patentansprüche 1,2,5,7,9,12; Figuren * --	1	
	<u>DE - A - 2 812 593</u> (OLYMPUS) * Seite 6, Zeilen 6-33; Seite 7, Zeilen 1-14; Seite 10, Zeilen 2-11 * --	1	
	<u>GB - A - 2 000 655</u> (OLYMPUS) * Patentansprüche * --	1,2	
	<u>DE - A - 2 518 746</u> (GEOMETRIC DATA) * Seiten 6,7; Seite 8, Zeilen 1-12; Figuren 1,7,8,9 * --	1	
	<u>US - A - 3 621 136</u> (R.K. STANWOOD) * Patentansprüche; Figur 1 * -- ./...	1,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)
			G 02 B 7/11 H 04 N 5/34 G 05 D 3/04
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
<input checked="" type="checkbox"/> Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	27-06-1980	PFAHLER	

0017726

Nummer der Anmeldung

Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

EP 80 10 0797

-2-

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
A	<u>US - A - 3 728 482 (J.F. WREN)</u> * Zusammenfassung; Patentansprüche 1-3,5,7 * --	1	
A	<u>FR - A - 2 402 222 (OLYMPUS)</u> * Patentansprüche 1,13,15,16 * --	1	
A	<u>FR - A - 2 396 325 (OLYMPUS)</u> * Patentansprüche; Figuren 2A,3,4,10 * --	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)
A	<u>DE - A - 2 246 384 (IMAGE ANALYSING COMP)</u> * Patentanspruch 1 * ----	1	